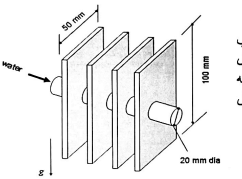
الامتحان الجزئي الاول	جامعة مصراته- كلية الهندسة	التاريخ: 2026/04/25
انتقال حرارة 2	قسم الهندسة الميكانيكية	الزمن. 90 دقيقة

السؤال الأول. (4 درجات)

لأغراض تدفئة المساحات أو في تطبيقات العمليات الصناعية. من المعتاد استخدام حزمة أنابيب حيث يمر الماء داخل الأنابيب، بينما يمر الهواء في تدفق متقاطع فوق الأنابيب. افترض وجود ترتيب متعرج (staggered arrangement) لحزمة أنابيب، حيث يبلغ القطر الخارجي للأنبوب 16.4 mm، والخطوة الطولية والعرضية هما 34.3 mm و 31.3 mm على التوالي. تتكون الحزمة من سبعة صفوف من الأنابيب في اتجاه تدفق الهواء، وثمانية أنابيب في كل صف. تحت ظروف التشغيل النموذجية، تكون درجة حرارة سطح الأنابيب 70°C، بينما تكون درجة حرارة الهواء القادم وسرعته 15°C و 6 m/s على التوالي. المطلوب:

1. ارسم ترتيبة الانابيب هذه ووضح الابعاد الأساسية عليها.
2. حدد معامل انتقال الحرارة بالحمل من جانب الهواء.
3. احسب معدل انتقال الحرارة لحزمة الأنابيب بالكامل.

السؤال الثاني: (4 درجات)



يوضح الشكل جزءاً من أنبوب مبادل حراري. يتدفق الماء الساخن عبر الأنبوب قطره 20 ملم ويتم تبريده بواسطة زعانف تم وضع جانبها الأطول رأسياً. تتبادل الزعانف الحرارة بالحمل الحراري مع الوسط المحيط الذي تبلغ درجة حرارته 27°C. قدر الفقد الحراري بالحمل لكل زعنفة للظروف التالية. يمكنك إهمال مساهمة وتأثير الفتحة المخصصة للأنبوب على التدفق وانتقال الحرارة.

1. الحمل الحراري الطبيعي، مع درجة حرارة سطح الزعنفة 47 °C ؛
2. الحمل الحراري القسري بتدفق هواء سرعته 15 م / ث يهب موازياً للجانب الأقصر للزعنفة، ومع درجة حرارة سطح الزعنفة يبلغ 37 °C

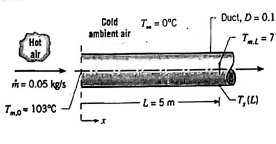
استخدم العلاقات التالية عند الحاجة وبحسب ظروف وحالة التدفق.

$$Nu_x = 0.3\, Re_x^{1/2}\, Pr^{1/3} \quad Re_x < 3 \times 10^5$$
$$Nu_x = 0.02\, Re_x^{0.8}\, Pr^{1/3} \quad Re_x \geq 3 \times 10^5$$
$$Nu_x = 0.5\, Gr_x^{1/4}\, Pr^{1/4} \quad Gr_x < 10^9$$
$$Nu_x = 0.1\, Gr_x^{1/3}\, Pr^{1/3} \quad Gr_x \geq 10^9$$

For air at these conditions, take: Pr = 0.7, k = 0.02 W / m K, $\mu = 1.8 \times 10^{-5}$ kg /m s and $\rho = 1.0$ kg / m^3

السؤال الثالث: (7 درجات)

تدفق هواء ساخن بمعدل $\dot{m} = 0.05\ kg/s$ عبر قناة من الصاج بقطر 0.15 m، لمسافة قدرها 5 m تقع في المساحة السفلية (crawlspace) لمنزل. يدخل الهواء الساخن بدرجة حرارة 103°C ، ليبرد لدرجة حراره 77°C. علم أن الهواء المحيط عند درجة حرارة $T_\infty = 0°C$ ، أوجد ما يلي :



1. الفقد الحراري (W) من القناة على طول المسافة L
2. درجة حرارة سطح القناة T_s عند المخرج x = L
3. المعامل الكلي لانتقال الحرارة

بالتوفيق للجميع

الامتحان الجزئي الثاني | جامعة مصراته- كلية الهندسة | التاريخ: 2026/05/23

انتقال حرارة 2 | قسم الهندسة الميكانيكية | الزمن: 75 دقيقة

السؤال الأول (3 درجات)

1. تعد طريقة متوسط فرق درجة الحرارة اللوغاريتمي (LMTD) هي الأنسب لتحليل المبادل الحراري عندما:
أ) يختلف معامل انتقال الحرارة الكلي بشكل كبير. ب) تكون درجات حرارة الدخول والخروج لجميع السوائل معروفة.
ج) يحدث تغير في الطور في أحد السائلين أو كليهما. د) يعمل المبادل الحراري في ظروف عابرة.

2. يشير معامل التلوث في المبادلات الحرارية إلى:
أ) تسرب الزيوت لداخل المبادل أثناء التشغيل. ب) تراكم الرواسب غير المرغوب فيها على السطح.
ج) تسرب السائل من المبادل الحراري. د) تآكل مادة المبادل الحراري.

3. في المبادل الحراري ذو الأنبوب والغلاف، ما هو الغرض من الحواجز؟
أ) منع تسرب السوائل. ب) زيادة مساحة نقل الحرارة.
ج) دعم الأنابيب وتوجيه تدفق سائل الغلاف. د) تقليل انخفاض الضغط على جانب الغلاف.

4. أي من العوامل التالية يقلل بشكل عام من معامل انتقال الحرارة الكلي (U) للمبادل الحراري؟
أ) زيادة مقاومة معامل التلوث. ب) انخفاض سرعات السوائل.
ج) جدار مبادل حراري أرق. د) انخفاض الموصلية الحرارية لمادة الجدار.

5. لتحقيق أقصى فعالية ممكنة في مبادل حراري ذو سعة حرارية متطابقة للسائلين, $(C_h = C_c)$ أي نوع من المبادلات الحرارية يقترب نظريًا من كفاءة 100% (في غياب فقدان الحرارة)؟
أ) مبادل حراري ذو تدفق متوازي. ب) مبادل حراري ذو تدفق متعاكس.
ج) مبادل حراري ذو تدفق متقاطع د) مبادل حراري ذو أنبوب و الغلاف

6. طريقة (Effectiveness-NTU) مفيدة بشكل خاص عندما:
أ) تكون جميع درجات حرارة الدخول والخروج معروفة. ب) تكون درجات حرارة الخروج فقط معروفة.
ج) تكون LMTD صفراً. د) تكون درجات حرارة الدخول فقط معروفة.

7. عامل التلوث (Fouling factor) في المبادلات الحرارية يمثل:
أ) سمك العازل ب) مقاومة حرارية إضافية. ج) وجود الزعانف د) معامل الاحتكاك.

8. تتميز المبادلات الحرارية المدمجة (Compact heat exchangers) بنسبة عالية من:
أ) الوزن إلى الحجم ب) مساحة السطح إلى الحجم. ج) التكلفة إلى الكفاءة. د) الطول إلى القطر.

9. عندما تكون $C_{min} = C_{max}$ ، فإن فعالية مبادل حراري متعاكس الانسياب تعطى بالعلاقة:
أ) $NTU(1 + NTU)$ ب) $1 - e^{-NTU}$ ج) NTU د) 0.5

السؤال الثاني/ (6 درجات)

مبادل حراري الغلاف والانبوب يتم تصميمه لتكثيف بخار بمعدل 500 kg/min عند درجة حرارة التشبع 355K. مياه التبريد تنساب بمعدل $60 kg/s$ ودرجة حرارة دخول للماء 286K. علما بأن معامل انتقال الحرارة الكلي $475\ W/m^2\ C$ والحرارة الكامنة للتكثيف تساوي 6600 KJ/kg. احسب

1. عدد الأنابيب المطلوبة، إذا كان قطر الانبوب الخارجي 25mm وبسمك 2mm وبطول 4.87m
2. عدد ممرات (لفات) للأنابيب، علما بأن سرعة الماء داخل الانابيب يجب أن لا تزيد عن $2\ m/s$
3. ارسم منحي توزيع درجات الحرارة للمبادل (T-L).

السؤال الثالث (6 درجات)

يُستخدم مبادل حراري متوازي الانسياب لتبريد 4.2 kg/min من سائل ساخن درجة حرارته 130 °C وحرارته النوعية 3.5 kJ/kg. K. ويُستخدم ماء درجة حرارته 15 °C لأغراض التبريد وحرارة نوعية 4.18 kJ/kg. K كيلوجول/كغ.كلفن ومعدل التدفق الكتلي للماء هو 17 kg/min . علما بأن المعامل الكلي لانتقال الحرارة للمبادل الحراري $1100\ W/m^2K$ و مساحة انتقال الحرارة للمبادل تساوي $0.3\ m^2$ احسب ما يلي:

1. درجة حرارة خروج السائل الساخن
2. درجة حرارة خروج الماء
3. فعالية المبادل الحراري

الامتحان النهائي	جامعة مصراته- كلية الهندسة	التاريخ: 2026/06/22
انتقال حرارة 2	قسم الهندسة الميكانيكية	الزمن. 3 ساعات

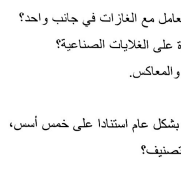
تعليمات : يسمح باستخدام ملخص القوانين وجداول الخواص والمخططات

وضح إجابتك بالخطوات ولا تقم بتقريب النتائج لأقرب عدد صحيح

السؤال الأول: أجب بوضوح ودقة علمية عن السؤال التالي (10 درجات)

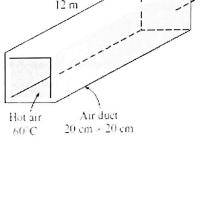
1. لماذا يزداد معامل انتقال الحرارة بالحمل القسري بزيادة سرعة المائع؟
2. لماذا يكون انتقال الحرارة بالحمل الحر أضعف بكثير من الحمل القسري في معظم التطبيقات الهندسية؟
3. لماذا يُفضل استخدام التكاثف القطيري على التكاثف الغشائي؟
4. لماذا نحتاج إلى استخدام رقم "Gr " بدلاً من رقم "Re" في دراسة الحمل الحر؟
5. لماذا يكون انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي أسرع عندما يكون السطح ساخناً وموجهاً للأعلى مقارنة بتوجيهه للأسفل؟
6. لماذا يستخدم "الأنبوب ذو الزعانف" (Finned tube) في المبادلات الحرارية التي تتعامل مع الغازات في جانب واحد؟
7. اشرح ظاهرة "النقطة الحرجة" (Critical Heat Flux) في الغليان ولماذا هي خطيرة على الغلايات الصناعية؟
8. اشرح الفرق الجوهري في التصميم الحراري بين المبادل الحراري ذو التدفق المتوازي والمعاكس.
9. لماذا يقل أداء المبادل الحراري مع مرور الوقت في العمليات الصناعية؟
10. يوجد العديد المبادلات الحرارية متعددة الأنواع والأشكال والاستخدامات ولكنها تصنف بشكل عام استنادا على خمس أسس، أذكرها وتكلم بإيجاز عن واحدة فقط منها موضحا أنواع المبادلات المندرجة تحت هذا التصنيف؟

السؤال الثاني. (8 درجات)



يبلغ عرض السطح العلوي لعربة ركاب في قطار يتحرك بسرعة 70 كم/ساعة 2.8 متر وطوله 8 أمتار. يمتص السطح العلوي الإشعاع الشمسي بمعدل 200 وات/م^2، وتبلغ درجة حرارة الهواء المحيط 30 درجة مئوية. بافتراض أن سقف العربة معزول تماماً وأن تبادل الحرارة بالإشعاع مع المحيط ضئيل مقارنة بالحمل الحراري، حدد درجة حرارة السطح العلوي للعربة.

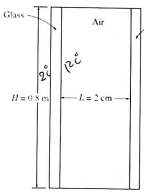
السؤال الثالث. (10 درجات)



يدخل هواء ساخن بدرجة حرارة 60 درجة مئوية عبر قناة معدنية مستطيلة الشكل طولها 12 متراً، أبعادها 20 سم × 20 سم، بسرعة متوسطة قدرها 4 م/ث. المقاومة الحرارية للقناة مهملة، والسطح الخارجي للقناة مُعرّض للهواء البارد بدرجة حرارة 10 درجات مئوية في القبو، ومعامل انتقال حرارة بالحمل قدره 10 واط/م^2 درجة مئوية. بافتراض أن جدران القبو أيضًا عند درجة حرارة 10 درجات مئوية، حدد:

1. درجة الحرارة التي سيخرج عندها الهواء الساخن من القبو،
2. معدل فقدان الحرارة من الهواء الساخن في القناة إلى القبو.

السؤال الرابع (10 درجات)



درست في مقرر انتقال حرارة 1 أن المقاومة الحرارية للهواء المحصور في حيز مغلق يتم معاملتها كمقاومة حرارية بالتوصيل دون الخوض في التفاصيل، و في انتقال حرارة 2 تم التطرق بشكل مفصل للشرط الذي يستخدم للفصل بين الحالات التي يتم فيها اعتبار المقاومة الحرارية للهواء المحصور كمقاومة توصيل أو لا يتم معاملتها كذلك. في السؤال التالي شباك مكون من طبقتين من الزجاج (هواء محصور بينهما) ارتفاعه 0.8 m وعرض الفراغ بين لوحي الزجاج $2cm$. إذا كانت درجة حرارة لجانبي اللوحين الداخلي والخارجي 12°C و2°C على التوالي.

1. احسب معدل انتقال الحرارة عبر الشباك؟
2. برر اجابتك واختيارك لطريقة الحل في التعامل مع هذه المسألة؟

السؤال الخامس: (12 درجات)

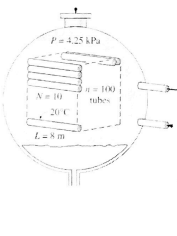
مبادل حراري عبارة عن أنبوبين متمركزين يستخدمان لتبريد زيت محرك من 90°C إلى 55°C باستخدام ماء درجة حرارته عند 10°C عند الدخول ينساب بمعدل 0.25 kg/s عبر الانبوب الداخلي المصنوع من الصلب المقاوم للصدأ قطره 25mm وسمكه 3 mm وموصليته الحرارية 16 W/m.K . الانبوب الخارجي قطره 90mm وينساب به زيت المحرك بمعدل 0.12 kg/s .

خواص الزيت كالتالي $C_p = 2131\ \text{J/kg K}$, $\mu = 3.25\times10^{-2}\ \text{kg/m s}$, $k = 0.138\ \text{W/m K}$

والماء $C_p = 4178\ \text{J/kg K}$, $\mu = 725\times10^{-6}\ \text{kg/m s}$, $k = 0.625\ \text{W/m K}$ ، احسب

1. درجة حرارة الخروج للماء.
2. معدل انتقال الحرارة
3. أيضا طول الانبوب.

السؤال السادس: (10 درجات)



يعمل مكثف محطة توليد الطاقة البخارية عند ضغط 4.25 كيلو باسكال. يتكون المكثف من 100 أنبوب أفقي مرتبة في مصفوفة مربعة 10 × 10. طول الأنابيب 8 أمتار وبقطر خارجي 3 سم. إذا كانت درجة حرارة سطح الأنابيب 20 درجة مئوية، فاحسب

1. معدل انتقال الحرارة من البخار إلى ماء التبريد، و
2. معدل تكثيف البخار في المكثف.

بالتوفيق للجميع